

0400  
2-27-01 #5  
Attorney Docket No.: 08038.0027  
Customer Number: 22,852

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Hikaru YOSHITAKA

Serial No.: 09/658,861

Filed: September 8, 2000

Group Art Unit: Not Assigned

Examiner: Not Assigned

For: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicant hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application No. 11-062381, filed March 9, 1999, for the above-identified U.S. patent application.

In support of this claim for priority, enclosed is one certified copy of the priority application.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,  
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

By: David W. Hill  
David W. Hill  
Reg. No. 28,220

Date: March 2, 2001

DWH/FPD/sem  
Enclosure

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 3月 9日

出 願 番 号  
Application-Number:

平成11年特許願第062381号

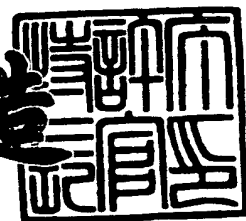
出 願 人  
Applicant(s):

東京エレクトロン株式会社

2000年 8月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3064614

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP980050

【提出日】 平成11年 3月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県津久井郡城山町町屋 1 - 2 - 4 1 東京エレクトロン東北株式会社内

【氏名】 義高 光

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064621

【弁理士】

【氏名又は名称】 山川 政樹

【電話番号】 03-3580-0961

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006194

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813743

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に形成された素子と、  
前記半導体基板上に形成された複数の配線層と、  
すくなくともこれら配線間のいずれかに形成され、かつフッ素添加カーボンか  
らなる第 1 の絶縁層と、

この第 1 の絶縁層の上に形成されかつケイ素と炭素と窒素とからなる第 2 の絶  
縁層と

を備えたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の半導体装置において、  
前記第 2 の絶縁層がさらにホウ素を含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の半導体装置において、  
前記第 1 の絶縁層と前記配線層との界面に高融点金属とその窒化物とにより構  
成された密着層が備えられたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 素子が形成された半導体基板を用意する工程と、  
前記半導体基板上に配線層を形成する工程と、  
その配線層上にフッ素添加カーボンからなる第 1 の絶縁層を成膜する工程と、  
その第 1 の絶縁層上にケイ素と炭素と窒素とからなる第 2 の絶縁層を形成する  
工程と、

前記第 1 の絶縁層の表面が部分的に露出するまで前記第 2 の絶縁層を選択的に  
エッチングする工程と、

前記選択的にエッチングされた第 2 の絶縁層をマスクとして前記第 1 の絶縁層  
を選択的にエッチングする工程と、

前記第 1 の絶縁層を選択的にエッチングした後、前記第 2 の絶縁層上に新たな  
配線層を形成する工程と

を少なくとも備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 請求項 5 記載の半導体装置の製造方法において、  
前記第 2 の絶縁層にホウ素を添加する工程を新たに備えたことを特徴とする半

導体装置の製造方法。

【請求項 6】 請求項 4 または 5 記載の半導体装置の製造方法において、  
前記第 2 の絶縁層の選択的なエッチングは、炭素とフッ素とを含む化合物のガス  
のプラズマを用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 請求項 4 または 5 記載の半導体装置の製造方法において、  
前記第 2 の絶縁層の選択的なエッチングは、炭素と水素とを含む化合物のガス  
のプラズマを用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 請求項 4 または 5 記載の半導体装置の製造方法において、  
前記第 1 の絶縁層の選択的なエッチングは、酸素を含むガスのプラズマを用い  
ることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 請求項 4 または 5 記載の半導体装置の製造方法において、  
前記第 1 の絶縁層の選択的なエッチングは、水素を含むガスのプラズマを用い  
ることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、フッ素添加カーボン膜を絶縁層として用いた半導体装置およびお  
よびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路の高集積化を図るために、配線などのパターンの微細化や回路  
の多層化が進められている。その中の 1 つとして、配線を多層に構成する多層配  
線技術がある。この多層配線技術においては、上下の配線層間を所定の領域に配  
置された導電部で接続するとともに、その導電部以外の領域の層間は絶縁体から  
なる層間絶縁膜を配置して分離するようにしている。

この層間絶縁膜に用いる代表的な材料としては酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) がある  
が、近年集積回路の動作についてより一層の高速化を図るために、層間絶縁膜の  
比誘電率を低くすることが要求されており、層間絶縁膜の材質についての検討が  
なされている。すなわち、 $\text{SiO}_2$  は比誘電率がおおよそ 4 であり、これよりも

比誘電率が小さい材料の開発が盛んになされている。

【0003】

その $\text{SiO}_2$ よりも比誘電率が小さい材料として、炭素とフッ素とからなる例えばフッ素添加カーボン膜がある。このフッ素添加カーボン膜は、例えば、電子サイクロトロン共鳴（ECR）を用いたプラズマ成膜処理により形成できる。この成膜方法の説明をすると、図8に示すように、まず、プラズマ生成室801a内に、高周波電源部802より導波管802aを介し、2.45GHzのマイクロ波を供給する。そしてそれらとともに、875ガウスの磁界を磁界コイル803、803aにより印加し、導入管804より導入されているArガスを電子サイクロトロン共鳴により高密度にプラズマ化する。

【0004】

一方、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスおよび $\text{C}_2\text{H}_4$ ガスを、ガス導入管805a、805bを介してガス供給部805より成膜室801b内に導入し、これらを上述した高密度なプラズマにより活性化して活性種を形成する。そして、この活性種により、成膜室801b内に配置された載置台806上のウエハ807表面に、密着性よく高硬度のフッ素添加カーボン膜808を形成する。なお、ウエハ807は、載置台806の静電チャック806aにより固定されている。また、成膜室801b内は、排気管810を介してこれに連通している図示していない真空排気手段により、所定の真空度に排気されている。

【0005】

以上のことによりフッ素添加カーボン膜を形成することができるが、このフッ素添加カーボン膜を層間絶縁膜として用いるためには、例えば、上下の配線層間を接続するための接続部を配置するスルーホールを形成するなどの微細加工が必要となる。

ここで、このフッ素添加カーボン膜の微細加工について説明する。まず、図9(a)に示すように、基体となる下層配線層901上に、上述したようにフッ素添加カーボン膜902を形成し、この上に $\text{SiO}_2$ からなる無機膜903を形成する。

次に、図9(b)に示すように、公知のフォトリソグラフィ技術により、所定

の箇所に開口部 904 a を備えたレジストパターン 904 を、無機膜 903 上に形成する。

## 【0006】

次に、レジストパターン 904 をマスクとして無機膜 903 を選択的にエッチングすることで、図 9 (c) に示すように、開口部 904 a に対応したところに開口部 905 a を備えたハードマスク 905 を形成する。ここで、このエッチングでは、例えば、 $\text{CF}_4$  のプラズマによるドライエッチングを用いるようにすればよい。

次に、ハードマスク 905 をマスクとしてフッ素添加カーボン膜 902 を選択的にエッチングすることで、図 9 (d) に示すように、フッ素添加カーボン膜 902 にスルーホール 906 を形成する。ここで、このエッチングでは、例えば、酸素ガスのプラズマによるドライエッチングを用いるようにすればよい。酸素ガスを用いるようにすれば、フッ素添加カーボン膜 902 とハードマスク 905 との間に大きなエッチング選択比をとることができる。また、酸素ガスのプラズマを用いれば、レジストパターン 904 も同時にエッチング除去できる。

## 【0007】

ここで、ハードマスクを用いてフッ素添加カーボン膜を微細加工することに関して説明する。微細加工においては、一般にフォトリソグラフィ技術で形成したレジストパターンをマスクとして選択的にエッチングするようにしている。このとき、レジストパターン下層の加工対象の層に対して、レジストパターンがエッチングに耐性を持っている必要がある。特に、加工対象の層が厚い場合は、レジストパターンのエッチング耐性が必要となる。このレジストパターンは、例えば光感光性を有するフォトレジストを露光現像することで形成するものであり、有機材料である。

ところが、上述したフッ素添加カーボン膜などの有機膜を微細加工する場合、酸素のプラズマによるドライエッチングを用いることになる。この場合、マスクとして有機膜であるレジストパターンを用いると、それもエッチングされてしまうので選択エッチングができない。

## 【0008】

これに対し、酸素ガスのプラズマでフッ素添加カーボン膜をエッチングするときに、 $\text{SiO}_2$  などの材料からなるマスクパターンを用いれば、これは酸素のプラズマではほとんどエッチングされないので、選択エッチングが可能となる。このため、前述したように、フッ素添加カーボン膜の微細加工では、 $\text{SiO}_2$  などからなるハードマスクを用いるようにしている。ところで、このハードマスクを形成するためには、 $\text{SiO}_2$  などの無機膜を加工することになるが、この加工は、 $\text{CF}_4$  や  $\text{C}_3\text{F}_8$  のプラズマによるドライエッチングを用いればよい。そして、この場合、有機膜であるレジストパターンはほとんどエッチングされないので、前述したように、レジストパターンをマスクとした選択エッチングでハードマスクの形成が可能となる。

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところが、有機膜を加工するために一般的に用いられる  $\text{SiO}_2$  や窒化ケイ素からなるハードマスクをフッ素添加カーボン膜の微細加工に用いると、次に示すような問題があり、フッ素添加カーボン膜を層間膜に用いた半導体装置の信頼性を低下させていた。

まず、 $\text{SiO}_2$  や窒化ケイ素はフッ素を含んだ有機膜であるフッ素添加カーボン膜との密着性が低いため、ハードマスクがはがれやすいという問題があった。前述したように、ハードマスクとして絶縁材料を用いているので、ハードマスクも層間絶縁膜の一部として用いるようにしている。しかしながら、層間絶縁膜としてのフッ素添加カーボン膜を微細加工した後、配線電極用の金属膜をそれらの上に形成したときなど後のプロセスにおいて応力が加わると、ハードマスクがフッ素添加カーボン膜よりはがれてしまうことがある。また、その配線電極用の金属膜を形成した後、化学的機械研磨法により平坦化しようとするれば、大きな応力が加わるので、ほぼ確実にハードマスクがフッ素添加カーボン膜よりはがれてしまう。

## 【0010】

次に、フッ素添加カーボン膜の微細加工に  $\text{SiO}_2$  や窒化ケイ素からなるハードマスクを用いると、エッチングの時の選択比が低下するという問題があった。



フッ素添加カーボン膜の微細加工は、前述したように、酸素ガスのプラズマによるドライエッチングを用いるようにしている。この点だけから考えると、 $\text{SiO}_2$  や窒化ケイ素からハードマスクを構成すれば、大きな選択比がとれるはずである。しかしながら、酸素ガスのプラズマでフッ素添加カーボン膜をエッチングしているときは、雰囲気にはフッ素添加カーボン膜が分解したことによりF（フッ素）やC（炭素）が発生し、プラズマによってこれらの活性種が発生することになる。この結果、このFの活性種によって $\text{SiO}_2$  や窒化ケイ素はエッチングされるので、従来のハードマスクでは、フッ素添加カーボン膜と同時にエッチングすると、選択比が低下して加工精度が劣化するという問題があった。

#### 【0011】

この発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、炭素とフッ素とからなるフッ素添加カーボン膜を層間膜などの絶縁層に用いた半導体装置の信頼性を向上させることを目的とする。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明の半導体装置は、半導体基板に形成された素子と、半導体基板上に形成された複数の配線層と、すくなくともこれら配線間のいずれかに形成されてかつフッ素添加カーボンからなる第1の絶縁層と、この第1の絶縁層の上に形成されかつケイ素と炭素と窒素とからなる第2の絶縁層とを備えるようにした。

このように構成したので、第1の絶縁層がケイ素と炭素と窒素とからなる第2の絶縁層に接触した状態となる。

ここで、第2の絶縁層にホウ素が添加されているようにしてもよい。ホウ素が添加されることで、第2の絶縁層の比誘電率が低下する。また、第1の絶縁層と配線層との界面に高融点金属とその窒化物とにより構成された密着層を備えるようにしても良い。

#### 【0013】

また、この発明の半導体装置の製造方法は、素子が形成された半導体基板を用意する工程と、半導体基板上に配線層を形成し、その配線層上にフッ素添加カーボンからなる第1の絶縁層を成膜し、その第1の絶縁層上にケイ素と炭素と窒素

とからなる第2の絶縁層を形成し、第1の絶縁層表面が部分的に露出するまで第2の絶縁層を選択的にエッチングし、その選択的にエッチングされた第2の絶縁層をマスクとして第1の絶縁層を選択的にエッチングする工程と、第1の絶縁層を選択的にエッチングした後、第2の絶縁層上に新たな配線層を形成するようにした。

このように構成したので、配線層間にフッ素添加カーボン膜からなる第1の絶縁層とケイ素と炭素と窒素とからなる第2の絶縁層とが配置された構成となる。

加えて、第2の絶縁層にホウ素を添加する工程を備えるようにした。このようにホウ素を添加することで、第2の絶縁層の比誘電率が低下する。

その中で、第2の絶縁層のエッチング加工は、炭素とフッ素とを含む化合物のガスのプラズマや炭素と水素とを含む化合物のガスのプラズマを用いるようにすればよい。また、第1の絶縁層のエッチング加工は、酸素ガスのプラズマを用いるようにすれば、第2の絶縁層や配線層はほとんどエッチングされない。また、第1の絶縁層のエッチング加工は、水素ガスのプラズマを用いるようにすれば、反応性イオンによるエッチングが支配的になる。

#### 【0014】

#### 【発明の実施の形態】

以下この発明の実施の形態を図を参照して説明する。

#### 実施の形態1

はじめに、この発明の第1の実施の形態における半導体装置に関して説明する。この実施の形態1では、半導体装置を図1に示すように構成した。この構成に関して説明すると、まず、Siからなる半導体基板上に形成されたMOSトランジスタなどの素子（図示せず）を覆うように、絶縁膜101、例えばSiO<sub>2</sub>膜が形成されている。この素子に電氣的に接続されている、例えばWからなる配線層（図示せず）に接続された、例えばCuからなる配線層102が形成されている。

#### 【0015】

また、SiO<sub>2</sub>膜101上には、Cu層102を覆うように、第1の絶縁層である、例えばフッ素添加カーボン膜103が形成されている。また、フッ素添加

カーボン膜 103 には、溝部 104 a およびホール部 104 b が形成され、これら溝部 104 a 内およびホール部 104 b 内に、例えば Cu からなる配線層 104 が形成され、前述の Cu 層 102 と電氣的に接続された構成となっている。ここで、Cu 層 104 とフッ素添加カーボン膜 103 および Cu 層 102 との接触面には、密着層 104 c が形成されている。この密着層 104 c は、Cu 層 104 とフッ素添加カーボン膜 103 との密着性向上のために、図 1 (b) に示すように、例えば、TiN 層 104 c' と Ti 層 104 c'' とから構成されている。なお、この密着層 104 c は、TiN/Ti の構成に限るものではなく、Ta<sub>2</sub>N<sub>3</sub>/Ta や、WN/W など、高融点金属窒化物/高融点金属の構成を用いることが可能である。

## 【0016】

そして、この実施の形態 1 では、フッ素添加カーボン膜 103 表面に第 2 の絶縁層である例えば SiCN からなるハードマスク 105 が、膜厚 100 nm 程度に形成されている。ここで、その SiCN は、必ずしも化学組成・化学結合的にその構成となっているものではなく、少なくとも、Si と C と N とを成分として構成されているということである。また、同様に、このハードマスク 105 上には、前述と同様な構成で、第 1 の絶縁層であるフッ素添加カーボン膜 106、溝部 107 a およびホール部 107 b 内に埋め込まれた Cu 層 107、密着層 107 c、そして SiCN からなるハードマスクが形成され、ここで、このような積層構造を 1 段として、n (n = 整数) 段の積層構造とすることは適宜設計可能であることはいうまでもない。

## 【0017】

そして、フッ素添加カーボン膜 106 表面にも、SiCN からなるハードマスク 108 が、膜厚 100 nm 程度に形成されているようにした。なお、Cu 層 104 と Cu 層 107 は同一の材料から構成しているので、その接触界面に、バリア膜などを形成する必要はない。なお、ハードマスク 108 および Cu 層 107 上に、同様の構成を積層することで半導体装置としてもよいことはいうまでもない。

以上示したように、この実施の形態 1 では、フッ素添加カーボン膜からなる層

間絶縁膜上には、SiCNからなるハードマスクを備えるようにした。この結果、例えば、フッ素添加カーボン膜103とフッ素添加カーボン膜106との間には、SiCNからなるハードマスク105があるので、従来のようにハードマスクにSiO<sub>2</sub>などを用いる場合に比較して、それら各層間の接着力を向上させることができる。

#### 【0018】

次に、上述した配線構造の製造方法に関して説明する。なお、以下では、図1に示したCu層104およびハードマスク105までは形成されている状態から説明する。

まず、図2(a)に示すように、Cu層104およびSiCNからなるハードマスク105上に、フッ素添加カーボン膜206を膜厚700nm程度に形成する。このフッ素添加カーボン膜206の形成は、前述したように、電子サイクロトロン共鳴(ECR)を用いてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスおよびC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>ガスをソースガスとしたプラズマ成膜処理により形成する。

#### 【0019】

次に、図2(b)に示すように、まず、フッ素添加カーボン膜206上にSiCNからなる絶縁膜208を形成する。これは、例えば、SiH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>をソースガスとした化学的気相成長法により行えばよい。また、この絶縁膜208上に、所定の箇所にホール部211aを備えたレジストパターン211を形成する。このレジストパターン211の形成は、公知のフォトリソグラフィ技術を用いればよい。

次に、そのレジストパターン211をマスクとして絶縁膜208をエッチング加工し、図3(c)に示すように、ホール部208aを備えたハードマスク108を形成する。このエッチングは、例えば、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>のプラズマによるドライエッチングを用いればよい。

#### 【0020】

次に、今度は、ホール部208aが形成されたハードマスク108をマスクとし、下層のフッ素添加カーボン膜206をエッチング加工する。このエッチングは、酸素ガスのプラズマによる反応性イオンエッチングを用いればよい。前述し

たように、ハードマスク 108 は SiCN から構成されているので、酸素ガスのプラズマではほとんどエッチングされない。一方、フッ素添加カーボン膜 206 は酸素ガスのプラズマによりエッチング（アッシング）される。この結果、このエッチング処理により、図 3（d）に示すように、フッ素添加カーボン膜 206 にホール部 206a を形成することができる。そしてこのとき、酸素ガスのプラズマを用いているので、有機膜であるレジストパターン 211 も同時に除去される。

## 【0021】

ここで、そのフッ素添加カーボン膜と SiCN からなるハードマスクの、酸素ガスのプラズマによるドライエッチングにおける選択比に関して説明する。以下の表 1 に、SiO<sub>2</sub> や窒化ケイ素などの各材料を、フッ素添加カーボン膜とともに、酸素ガスのプラズマを用いてドライエッチングした場合のエッチングレートを示した。

## 【0022】

〔表 1〕

	エッチングレート (nm/分)
フッ素添加カーボン膜	1538
SiN	37
SiC	45
SiO <sub>2</sub>	42
SiCN	15

## 【0023】

以上の表 1 に示したように、フッ素添加カーボン膜と同時に処理した場合、SiCN は酸素ガスのプラズマによるエッチングレートが非常に小さい。したがって、この実施の形態 1 のように、ハードマスクに SiCN を用いれば、フッ素添加カーボン膜のエッチング加工時に大きな選択比を得ることができるので、より

加工精度を向上させることが可能となる。

【0024】

次に、図4（e）に示すように、ハードマスク108上に溝部212aを備えたレジストパターン212を形成する。このレジストパターン212の形成は、公知のフォトリソグラフィ技術を用いればよい。ここで、溝部212aは、その一部がホール部206a上に重なるように形成する。

そして、そのレジストパターン212をマスクとして絶縁膜208をエッチング加工し、ハードマスク108に溝部108aが形成された状態とする。このエッチングは、例えば、 $C_4F_8$ のプラズマによるドライエッチングを用いればよい。この $C_4F_8$ のプラズマによるドライエッチングでは、フッ素添加カーボン膜206もほとんどエッチングされないので、ハードマスク108の選択的なエッチングが可能となる。

【0025】

次に、溝部108aが形成されたハードマスク108をマスクとしてフッ素添加カーボン膜206をエッチング加工し、図4（f）に示すように、深さ400nm程度に溝部107aが形成されたフッ素添加カーボン膜106を形成する。ここでも、酸素ガスのプラズマによる反応性イオンエッチングを用いればよい。そして、酸素ガスのプラズマを用いているので、ハードマスク108上のレジストパターン212も同時に除去される。そして、フッ素添加カーボン膜206に形成されていたホール部206aによるスルーホール107bが、フッ素添加カーボン膜106の溝部107a形成領域に配置された状態となる。

【0026】

次に、図5（g）に示すように、まず、ハードマスク108上やスルーホール107b、溝部107a、および、溝部108aの表面を覆うように、TiN層とTi層からなる薄い金属膜207aを形成する。そして、その金属膜207aを介し、ハードマスク108上に、スルーホール107bや溝部107aおよび溝部108aを充填するように、銅からなる金属膜207を形成する。この金属膜207は、例えば、無電解メッキ法やスパッタ法など、よく知られた金属膜の形成方法により形成すればよい。

そして、化学的機械的研磨 (CMP) により金属膜 207 および金属膜 207 a を表面より研磨し、図 5 (h) に示すように、ハードマスク 108 表面を露出させれば、Cu 層 104 上にフッ素添加カーボン膜 106 を介して Cu 層 107 が配置された状態が形成され、そのフッ素添加カーボン膜 106 と Cu 層 107 とが、TiN/Ti 構成の密着層 107 c を介して接触した状態が得られる。

なお、フッ素添加カーボン膜 103 から Cu 層 104 までの形成も、上述のこととほぼ同様に行えることはいうまでもない。

#### 【0027】

ここで、上述したことにより形成されたフッ素添加カーボン膜、SiCN からなるハードマスク、フッ素添加カーボン膜の三層構造における密着力を、従来のフッ素添加カーボン膜、SiO<sub>2</sub> からなるハードマスク、フッ素添加カーボン膜の三層構造の密着力と比較して説明する。

その密着力は、次に示すようにして測定する。まず、図 6 (a) に示すように、基板 601 上にフッ素添加カーボン膜 602、ハードマスク 603、フッ素添加カーボン膜 604 を形成したサンプルを作製し、そのフッ素添加カーボン膜 604 上に所定の接着剤で試験棒 605 を固定する。そして、基板 601 を固定した状態でその基板 601 から離れる方向に試験棒 605 に荷重を加える。そして、いずれかの膜が剥離したときの荷重 (Kpsi) を密着力とする。

#### 【0028】

以上に説明した密着力の測定結果を図 6 (b) に示す。この図 6 (b) から明らかなように、ハードマスクの材料として SiCN を用いることで、フッ素添加カーボン膜との密着力が格段に向上する。このように、5 Kpsi 以上の密着力がフッ素添加カーボン膜との間に得られれば、ハードマスクを層間膜の一部としてそのまま残すようにしても、電極形成時の化学的機械研磨でハードマスク部分がはがれることが抑制されるようになる。

#### 【0029】

#### 実施の形態 2

次に、この発明の第 2 の実施の形態について説明する。

上述したように、ハードマスクは配線層間の層間絶縁膜の一部として用いられ

る。したがって、ハードマスクの膜厚がフッ素添加カーボン膜の部分より薄いと  
しても、その誘電率はなるべく低い方がよい。そこで、この実施の形態 2 では、  
SiCN からなるハードマスクにホウ素 (B) を添加するようにした。SiCN  
の比誘電率は 5.5 程度であるが、この SiCN に B を添加すると、その誘電率  
を 5.1 程度に低下させることができる。なお、他の構成は、上記実施の形態 1  
と全く同様である。

## 【0030】

そのホウ素の添加は、例えば、図 2 に示した SiCN からなる絶縁膜 208 の  
形成の時に、化学的気相成長法におけるソースガスとして、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、  
 $\text{N}_2$  に加えて  $\text{BF}_3$  も用いるようにすればよい。また、ソースガスとして、 $\text{SiH}_4$ 、  
 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{BF}_3$  の組み合わせや、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{N}_2$  の組み合わせでも  
よい。また、 $\text{BF}_3$  の代わりに  $\text{B}_2\text{F}_6$  を用いるようにしてもよい。このようにす  
ることで、形成された絶縁膜は、ホウ素が添加された SiCN や SiC、SiN  
から構成されることになる。

ところで、その B の添加は、すでに形成された SiCN の膜に対するイオン注  
入で行うようにしてもよい。

## 【0031】

なお、上述では、フッ素添加カーボン膜のエッチング加工に、酸素ガスのプラ  
ズマを用いるようにしたが、水素ガスとアルゴンガスや窒素ガスとの混合ガスの  
プラズマを用いるようにしてもよい。この場合、例えば、水素ガスと窒素ガスと  
アルゴンガスの流量比 ( $\text{Ar} / (\text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{Ar})$ ) を、実質的に 0.7 ~ 0.  
8 程度とすればよい。さらに水素ガスと窒素ガスの流量比 ( $\text{H}_2 / (\text{N}_2 + \text{H}_2)$ )  
を、実質的に 0.2 ~ 0.9 にすればよい。また、プラズマを生成する雰囲気  
の真空度は、5 mTorr ~ 15 mTorr 程度とすればよい。

この場合でも、酸素ガスを用いた場合と同様であり、以下の表 2 に示すように  
、フッ素添加カーボン膜と同時に処理した場合、SiCN のエッチングレートが  
他の絶縁材料に比較して非常に小さい。

## 【0032】

[表 2]



	エッチングレート (nm/分)
フッ素添加カーボン膜	1826
SiN	58
SiC	88
SiO <sub>2</sub>	95
SiCN	18

【0033】

ここで、上述のように水素ガスを用いる場合の特徴に関して説明する。その特徴とは、水素ガスとアルゴンガスや窒素ガスとの混合ガスのプラズマによる反応性イオンエッチングを用いてフッ素添加カーボン膜のエッチング加工を行う場合、酸素ガスを用いた場合に比較してより異方性の高いエッチングが可能となることである。

それらドライエッチングにおいては、プラズマを生成することで、エッチングの活性種として反応性イオンとラジカルが生成されるものと考えられている。その中で、反応性イオンエッチングでは、電界を利用して主に反応イオンをエッチング対象に飛行させ、垂直異方性の高い状態で加工するようにしている。

【0034】

しかしながら、雰囲気にはプラズマが生成しているため、電界により引き寄せられていないラジカルもいずれはエッチング対象に到達し、エッチング反応に関与することになる。そして、そのラジカルによるエッチング反応が起これば、例えば、マスクパターンの下部分までエッチングされるサイドエッチングが発生する。そのような機構の中で、酸素ガスのプラズマによる反応性イオンエッチング方法では、酸素のラジカルは有機化合物に対して反応性が高いため、この酸素ラジカルがエッチング反応に必要以上に関与してしまい、フッ素添加カーボン膜のエッチング加工形状の制御性を低下させている。

【0035】

一方、上述した水素ガスとアルゴンガスや窒素ガスとの混合ガスを用いた場合、フッ素添加カーボン膜に対するエッチング活性種は、主に水素の反応性イオンとラジカルとになる。ところが、水素のラジカルは、有機化合物に対してあまり反応性が高くないため、それら混合ガスを用いた反応性イオンエッチングの場合、フッ素添加カーボン膜に対するエッチング活性種は、ほぼ水素の反応性イオンだけとなる。すなわち、この場合は、方向性を持たないラジカルではほとんどエッチングが進行しないことになる。この結果、水素ガスとアルゴンガスや窒素ガスとの混合ガスを用いた場合は、より異方性が得られてサイドエッチングなどが抑制されるため、寸法制御性など加工精度を向上させることができる。

#### 【0036】

ところで、上述では、フッ素添加カーボン膜からなる層間膜に溝を形成してそこに配線層を埋め込むようにしたが、これに限るものではない。図7に示すように構成してもよい。この構成に関して説明すると、まず、フッ素添加カーボン膜からなる層間絶縁膜701上にSiCNからなるハードマスク702が形成され、その上に配線層703が形成されている。また、配線層703は、層間絶縁膜701およびハードマスク702に形成されているスルーホールを介し、図示していない下層の配線層に接続している。

また、ハードマスク702上には、配線層703を覆うようにフッ素添加カーボン膜からなる層間絶縁膜704が形成されている。そして、その上に、SiCNからなるハードマスク705が形成され、またその上に配線層706が形成されている。また、配線層706は、層間絶縁膜704およびハードマスク705に形成されているスルーホールを介し、下層の配線層703に接続している。

#### 【0037】

この場合、ハードマスク702、705は、配線層間を接続するためのスルーホール形成に用いられる。したがって、この場合、例えば、ハードマスク705および層間絶縁膜704の微細加工は1回となる。ただし、例えば、配線層706は、ハードマスク705上に金属膜を形成し、この金属膜を公知のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術により微細加工して形成することになる。

また、前述では、配線層にCuを用いるようにしたが、これに限るものではない。

く、A 1 や他の導電性材料を用いるようにしても同様である。

【0 0 3 8】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明では、半導体基板に形成された素子と、半導体基板上に形成された複数の配線層と、すくなくともこれら配線間のいずれかに形成されてかつフッ素添加カーボンからなる第 1 の絶縁層と、この第 1 の絶縁層の上に形成されかつケイ素と炭素と窒素とからなる第 2 の絶縁層とを備えるようにした。

このように構成したので、第 1 の絶縁層はケイ素と炭素と窒素とからなる第 2 の絶縁層に接触することになり、従来に比較してそれらの間の密着性が向上し、はがれることが抑制されるようになる。この結果、この発明によれば、フッ素添加カーボン膜からなる絶縁層を用いた半導体装置の信頼性が向上する。

【0 0 3 9】

また、この発明では、素子が形成された半導体基板を用意する工程と、半導体基板上に配線層を形成し、その配線層上にフッ素添加カーボンからなる第 1 の絶縁層を成膜し、その第 1 の絶縁層上にケイ素と炭素と窒素とからなる第 2 の絶縁層を形成し、第 1 の絶縁層表面が部分的に露出するまで第 2 の絶縁層を選択的にエッチングし、その選択的にエッチングされた第 2 の絶縁層をマスクとして第 1 の絶縁層を選択的にエッチングする工程と、第 1 の絶縁層を選択的にエッチングした後、第 2 の絶縁層上に新たな配線層を形成するようにした。

このように構成したので、配線層間にフッ素添加カーボン膜からなる第 1 の絶縁層とケイ素と炭素と窒素とからなる第 2 の絶縁層とが配置された構成となる。この結果、従来に比較してそれらの間の密着性が向上し、第 2 の絶縁層による第 1 の絶縁層の加工時や、第 2 の絶縁層上に新たな配線層を形成する工程などにおいても、第 2 の絶縁層がはがれるなくなる。このように、この発明では、フッ素添加カーボン膜を絶縁層に用いた半導体装置の信頼性を向上させることができるという優れた効果を備えている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の第 1 の実施の形態における半導体装置の一部を示す断

面図である。

【図 2】 この発明の第 1 の実施の形態における半導体装置の製造方法を説明するための説明図である。

【図 3】 図 2 に続く、この発明の第 1 の実施の形態における半導体装置の製造方法を説明するための説明図である。

【図 4】 図 3 に続く、この発明の第 1 の実施の形態における半導体装置の製造方法を説明するための説明図である。

【図 5】 図 4 に続く、この発明の第 1 の実施の形態における半導体装置の製造方法を説明するための説明図である。

【図 6】 密着力に関して説明するための説明図である。

【図 7】 この発明の他の形態における半導体装置の一部を示す断面図である。

【図 8】 フッ素添加カーボン膜を形成するためのプラズマ成膜処理装置の簡単な構成を示す概略的な断面図である。

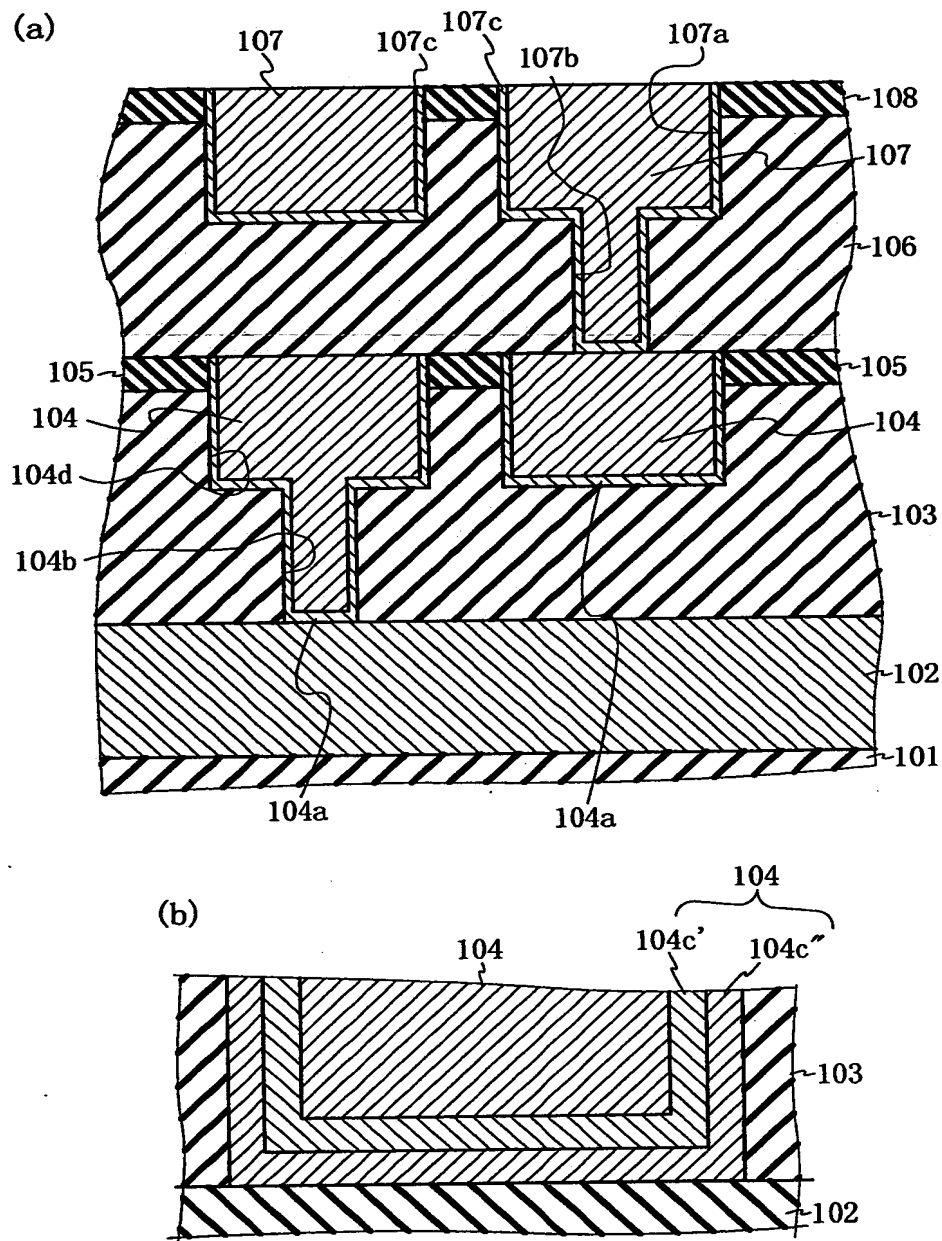
【図 9】 従来の半導体装置の製造方法を説明するための説明図である。

【符号の説明】

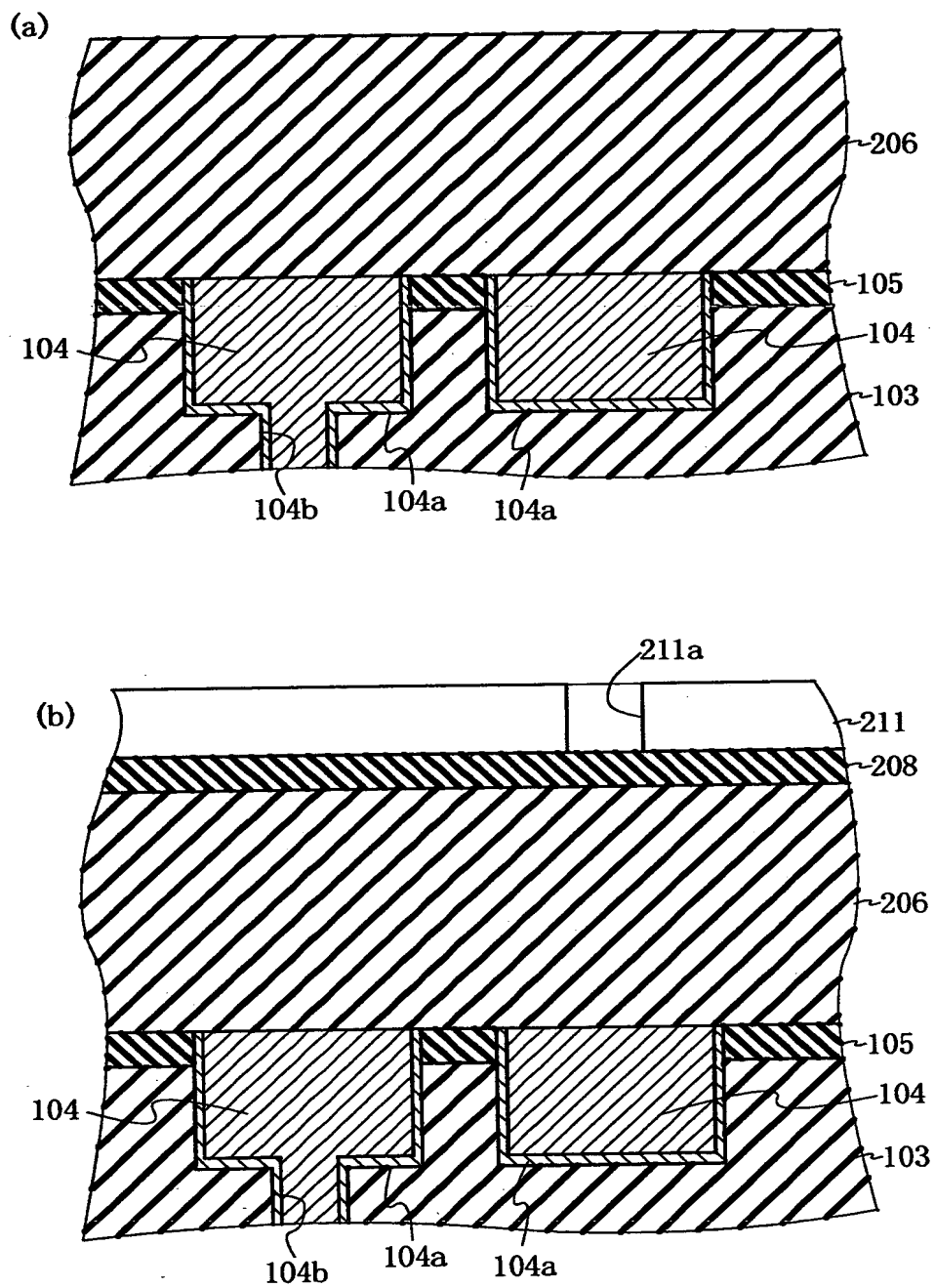
1 0 1 …層間絶縁膜、1 0 2, 1 0 4, 1 0 7 …配線層 (C u 層)、1 0 3, 1 0 6 …フッ素添加カーボン膜 (第 1 の絶縁層)、1 0 4 a, 1 0 7 a …溝部、1 0 4 b, 1 0 7 b …ホール部、1 0 5, 1 0 8 …ハードマスク (第 2 の絶縁層)。

【書類名】 図面

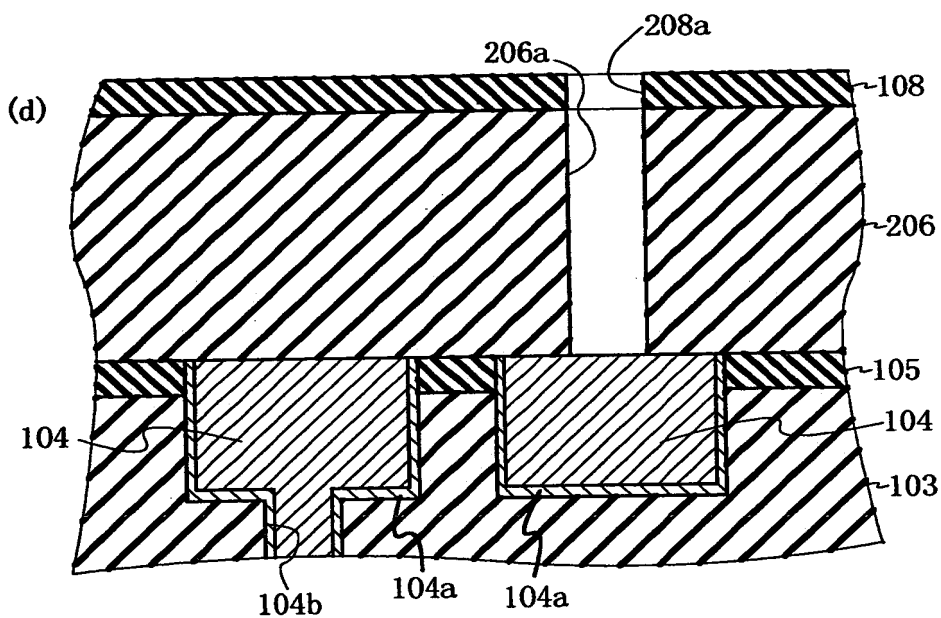
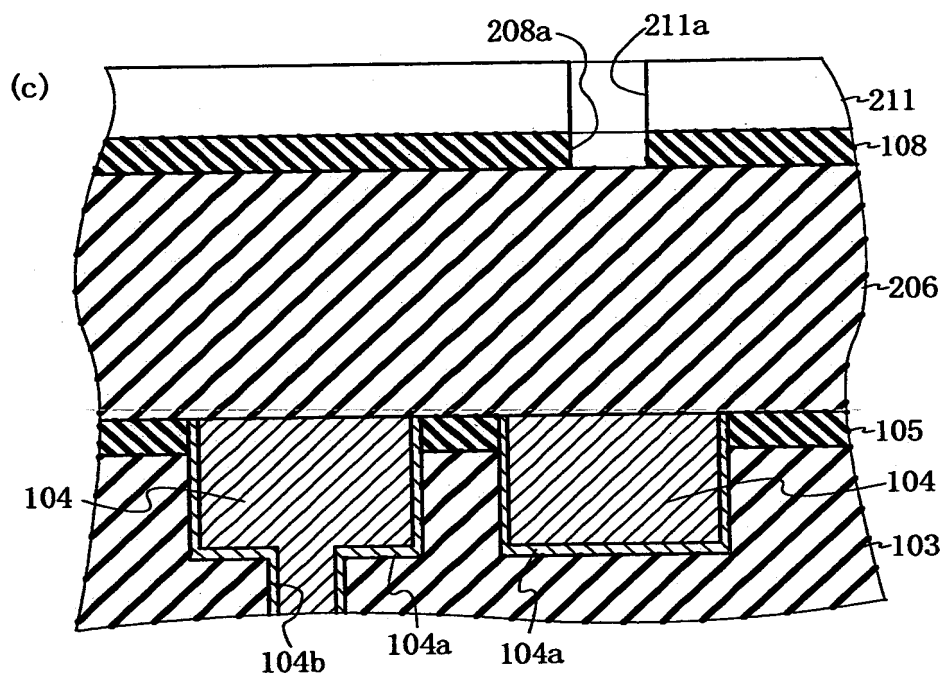
【図 1】



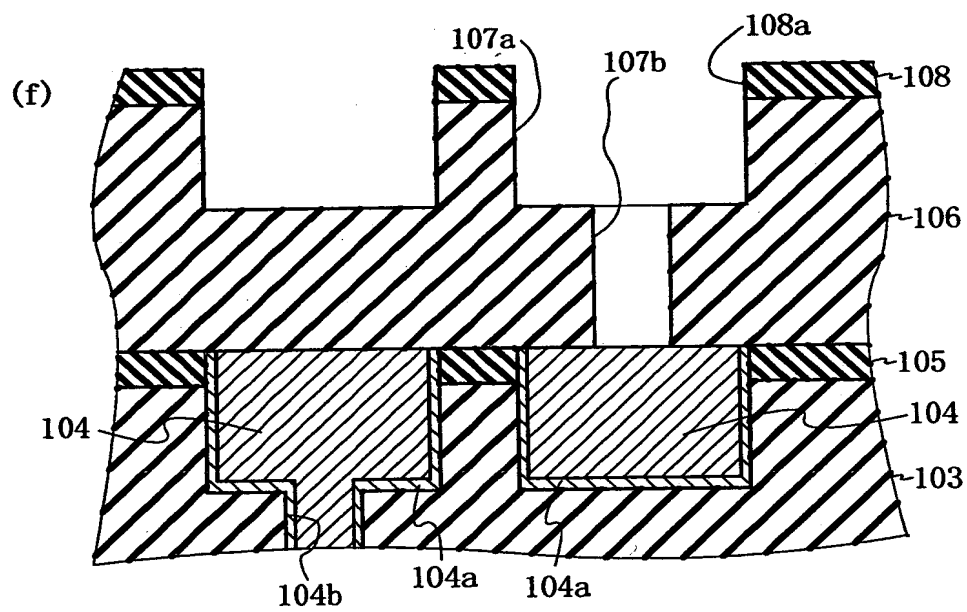
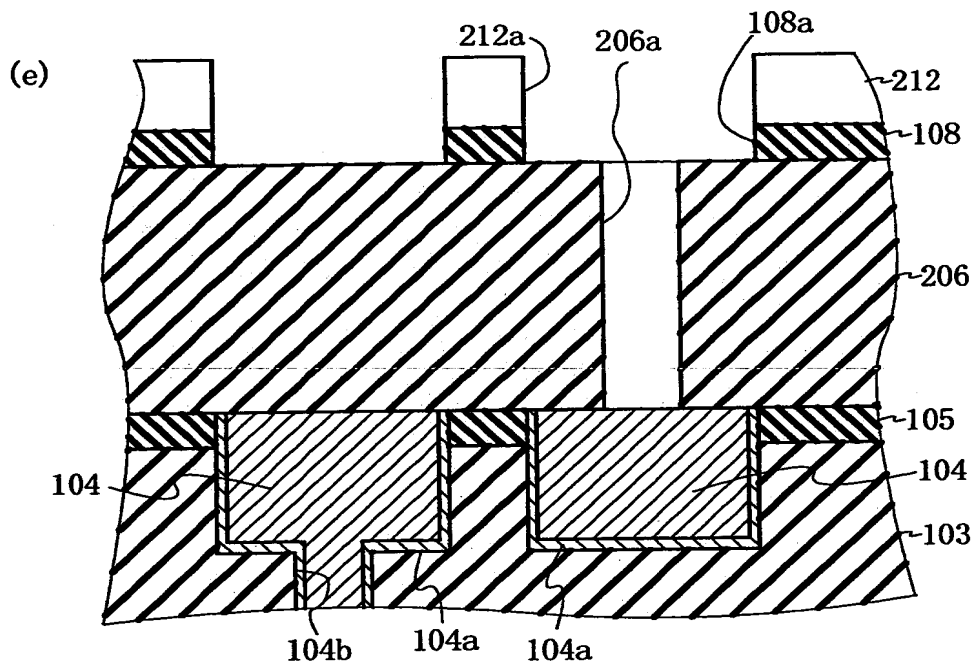
【図 2】



【図 3】

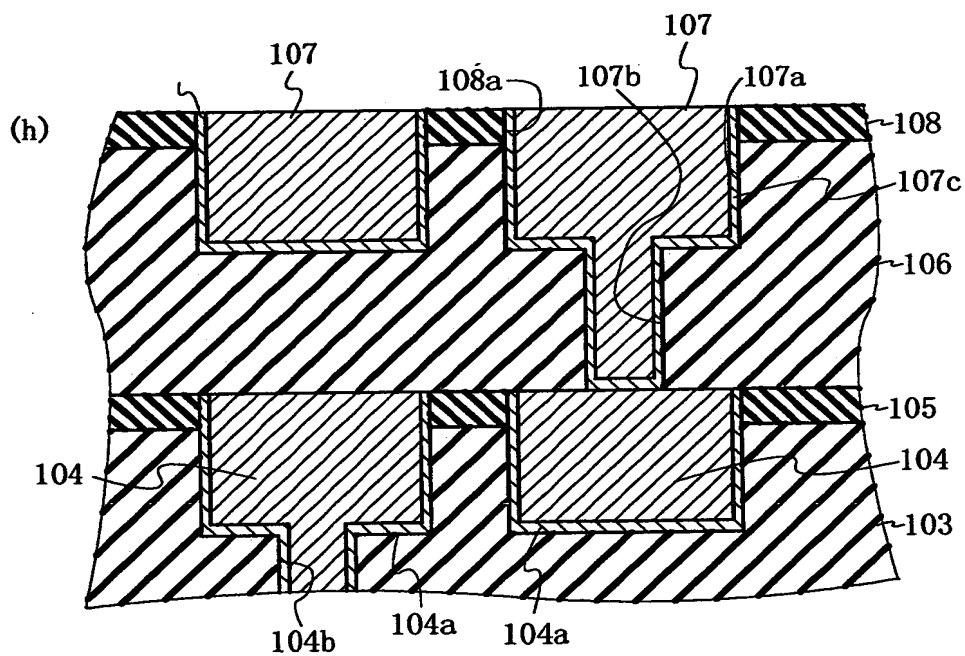
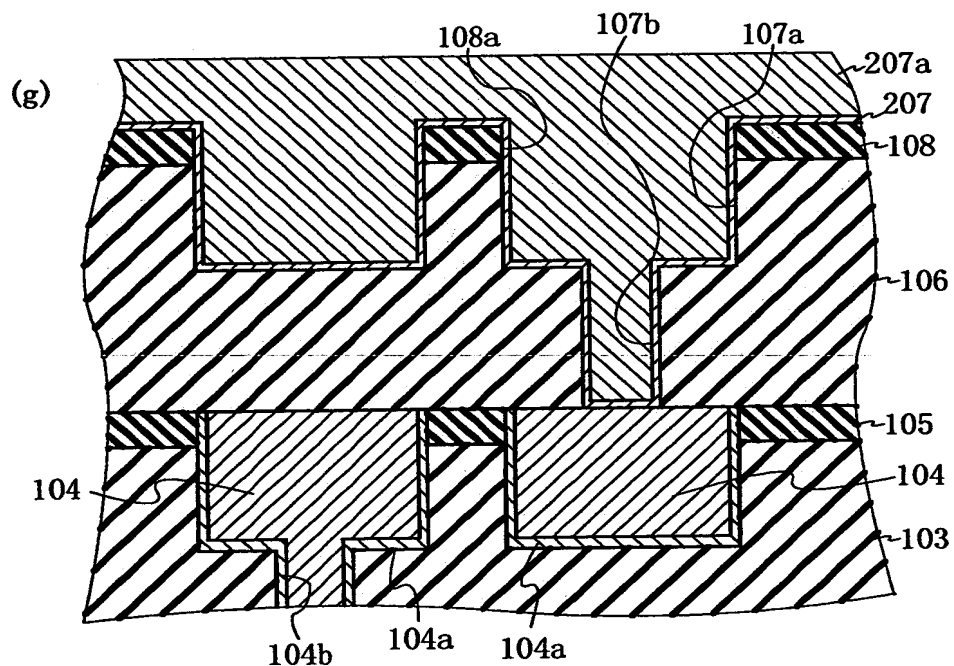


【図 4】

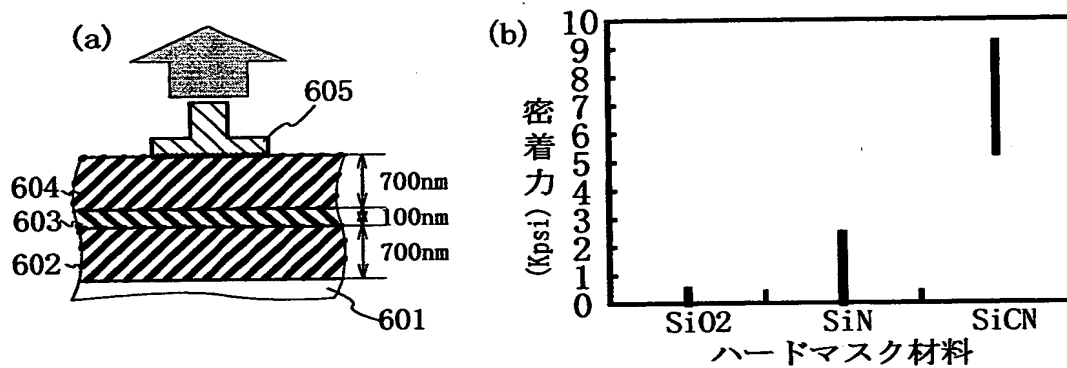




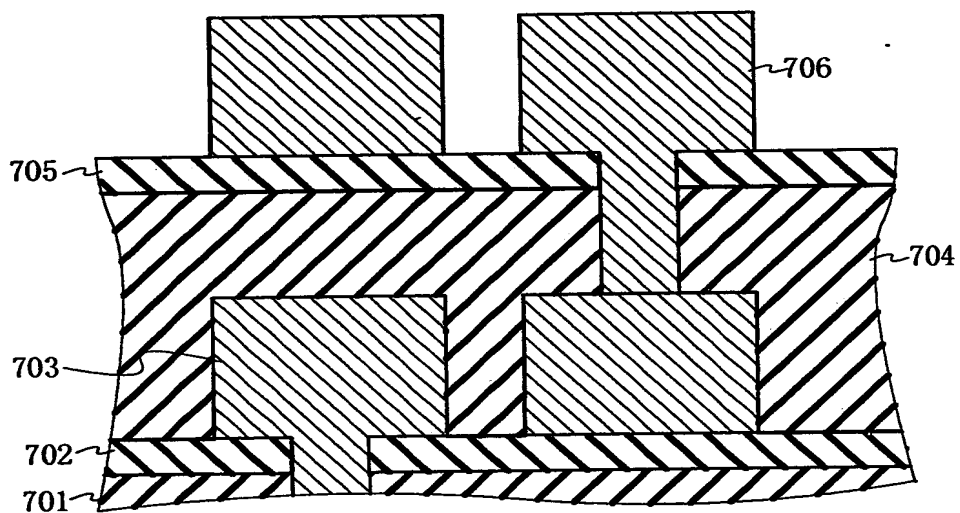
【図 5】



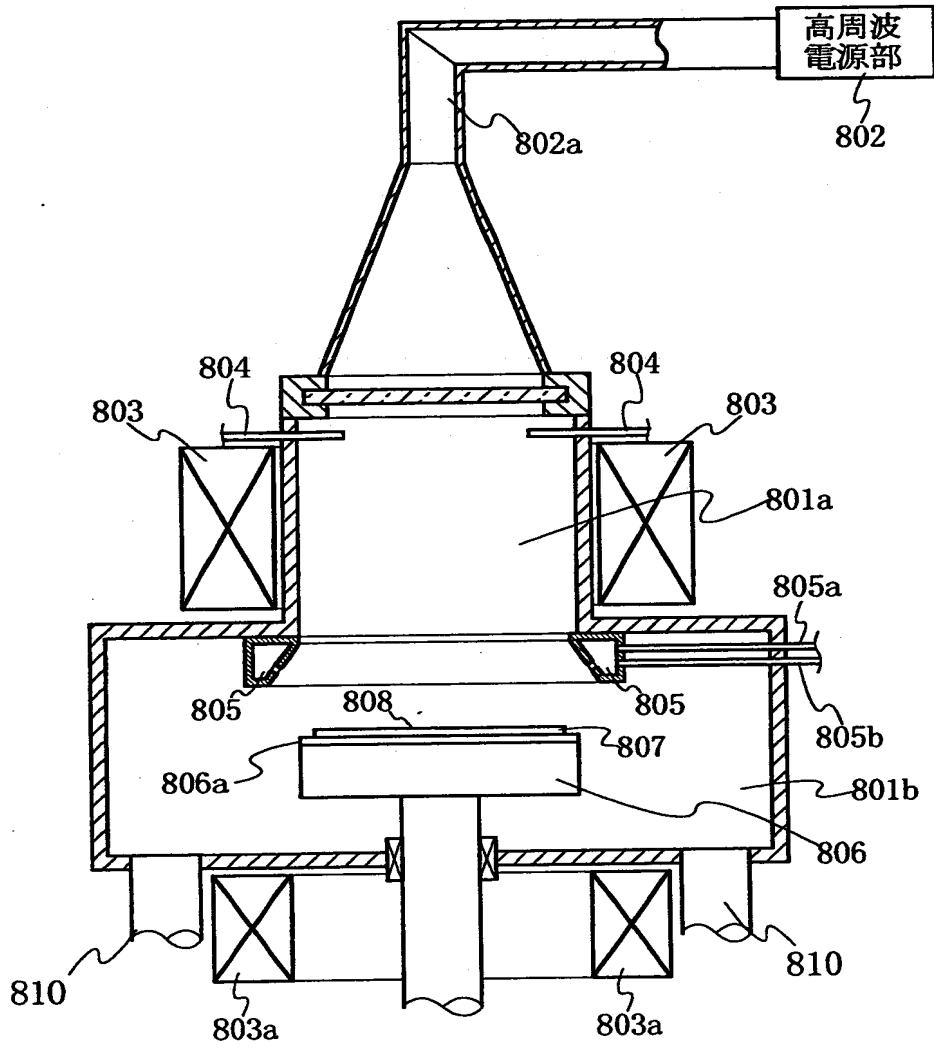
【図 6】



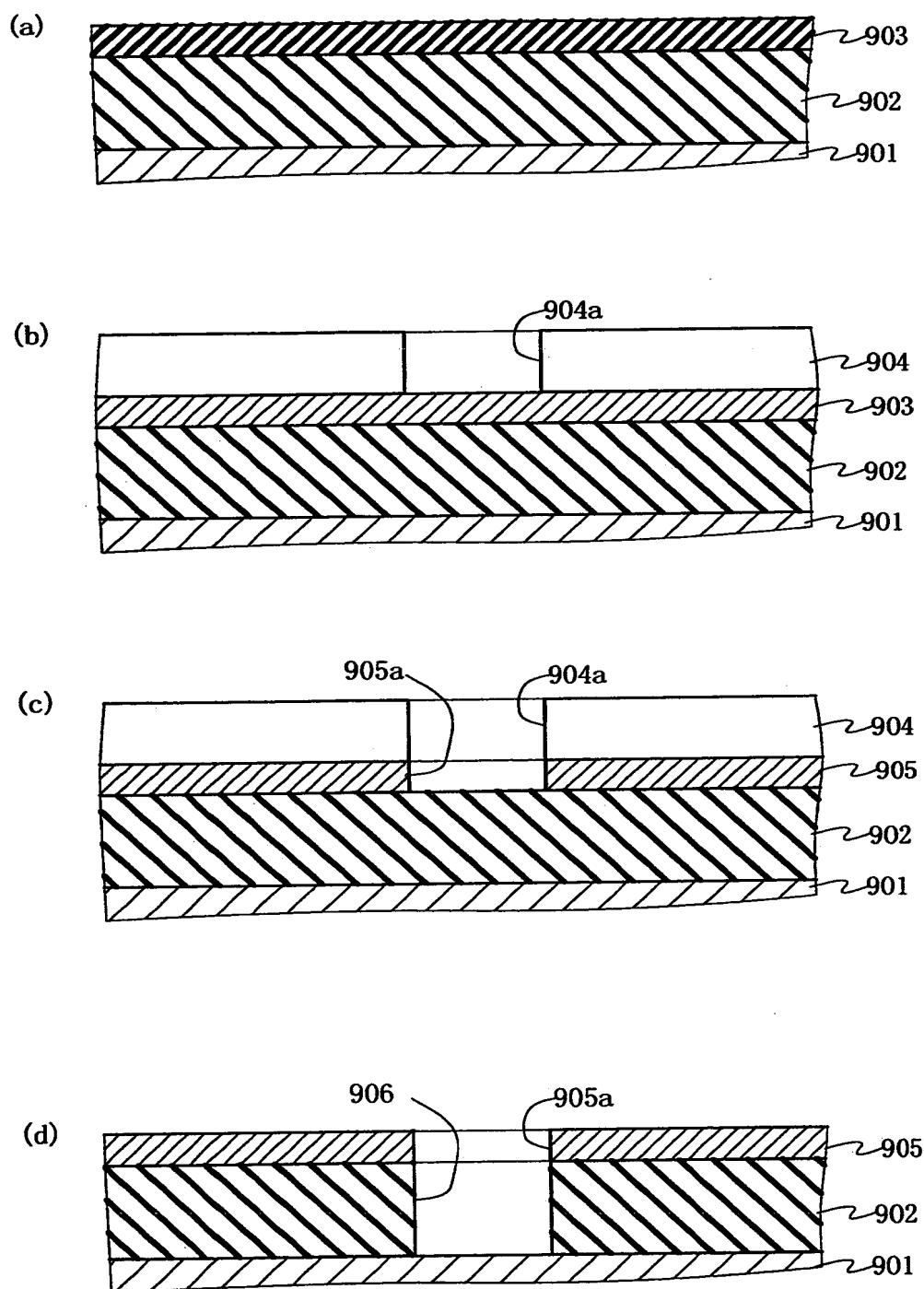
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 炭素とフッ素とからなるフッ素添加カーボン膜を層間膜に用いた半導体装置の信頼性を向上させる。

【解決手段】 フッ素添加カーボン膜 103 表面に SiCN からなるハードマスク 105 が、膜厚 100 nm 程度に形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日	1994年 9月 5日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名	東京エレクトロン株式会社